

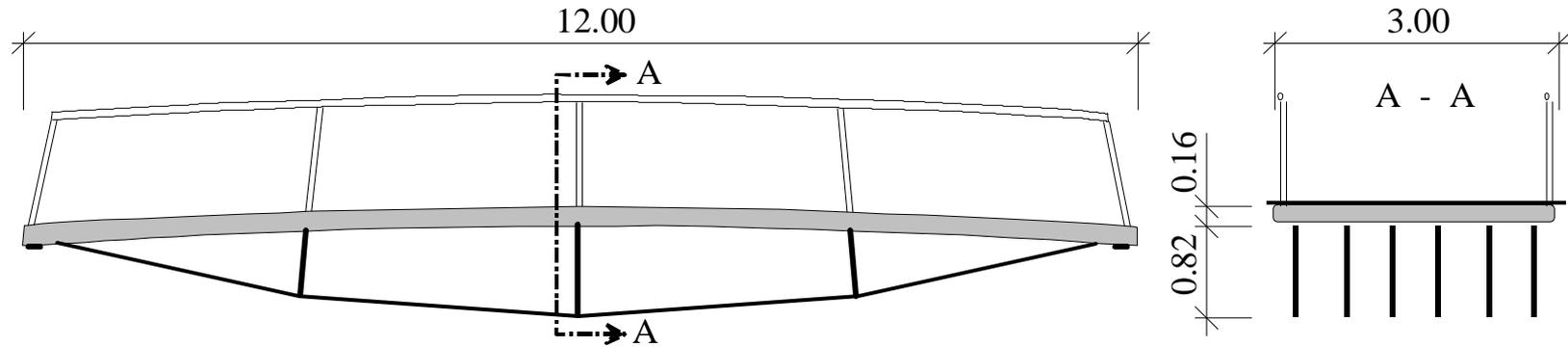
Willkommen
Welcome
Bienvenue

Innovatives Brückendesign mit dem Einsatz von Holz und faserverstärkten Kunststoffen CFK und GFK

Robert Widmann
Urs Meier

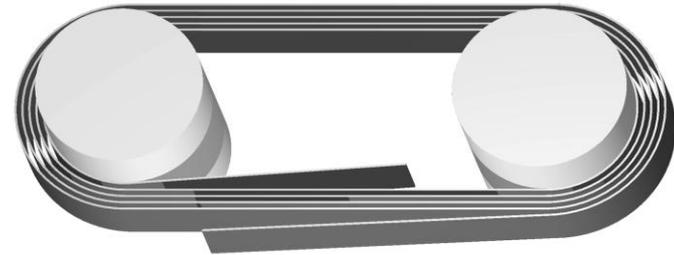
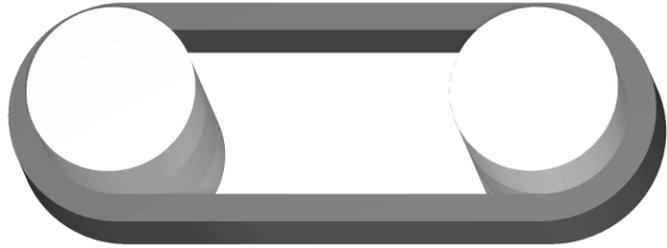
Rolf Brönnimann, Empa
Philip Irniger, Dr. Deuring + Oehninger AG
Andreas Winistoerfer, Carbo-Link AG





Material	E	ρ	Festigkeit
	GPa	kg/m ³	MPa
GL24h (EN 1194)	11.5	455 at $u = 12\%$ (gemessen)	$f_{m,g,k} = 24$ $f_{c,0,k} = 24$
CFK	150	1500	$f_t = 2000$
GFK	44.5	2000	$f_c = 900$

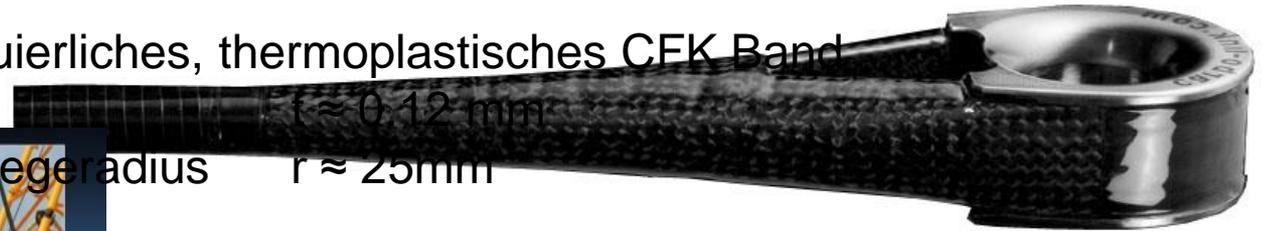
CFK Schlaufen als Zugbänder



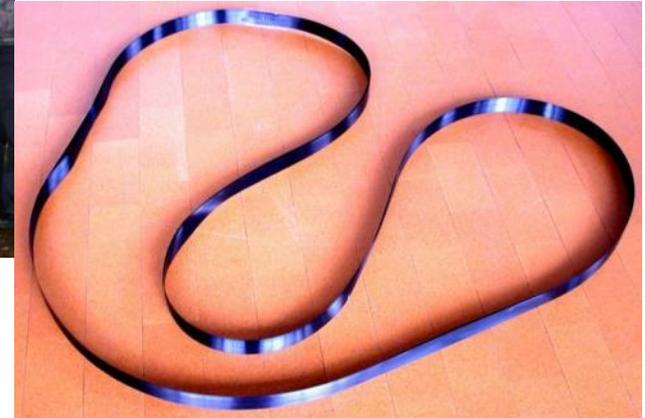
Kontinuierliches, thermoplastisches CFK Band



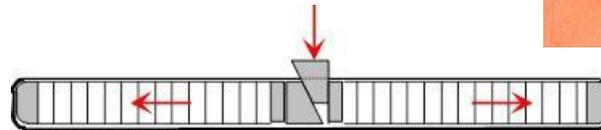
Dicke $t \approx 0,12 \text{ mm}$
min. Biegeradius $r \approx 25 \text{ mm}$



Quervorspannung



Prinzip









Längsvorspannung









Eigenfrequenz einer schwingenden Saite

$$f = \frac{1}{2 \cdot l} \cdot \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$



$$F = 4 \cdot l^2 \cdot f^2 \cdot \rho \cdot A$$

$$F = 4 \cdot 3.00^2 \cdot 65^2 \cdot 1500 \cdot (0.03 \cdot 0.004) = 27.4 \text{ kN}$$

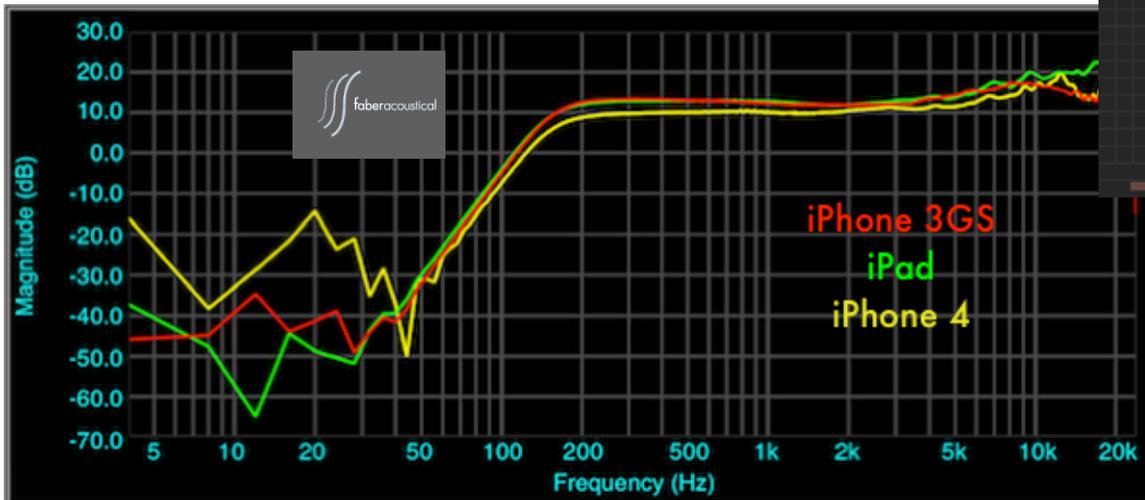
Stufe	Last	Mittlere Durchbiegung	Mittlere Zugkraft F	Akkumulierte Zugkraft	Berechnete Zugkraft	Berechnete Durchbiegung
	kN	mm	kN	kN	kN	mm
0	0	0	21.0	126	149	0
1	8.5	6.54	23.8	143		
2	17.2	14.1	26.6	160		
3	25.6	20.8	29.4	176	208	18.7
Design Last	4/m ²				405	83.1

Abstecher: Monitoring en passant....

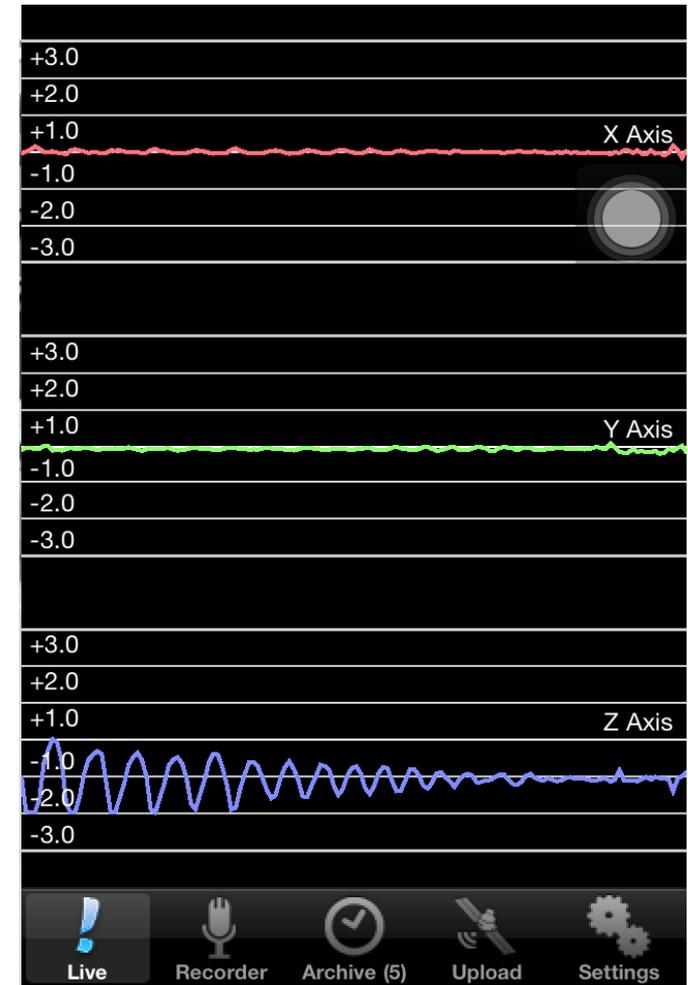
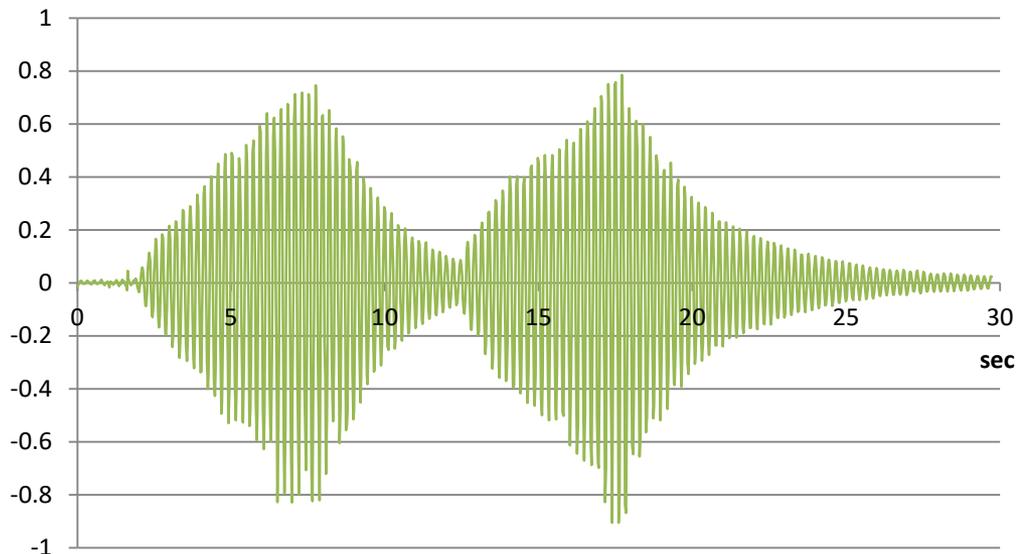


Monitoring mit iPhone oder....

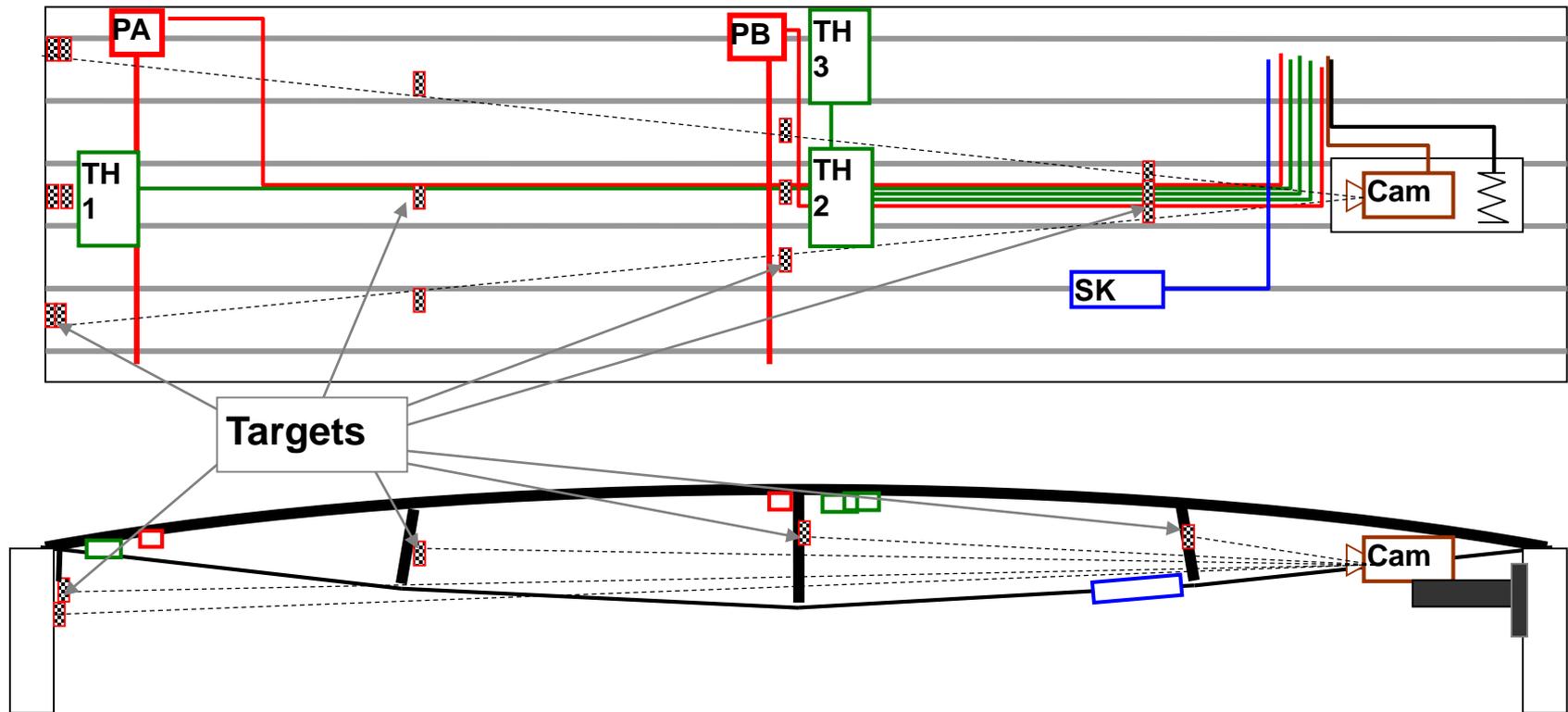
- iAnalyzer oder ähnliches App
- Zeigt Frequenzspektrum
- Muss kompensiert werden (Mikrofonempfindlichkeit)
- z.B. hier für 65 Hz:
 $88.7\text{dB} + 25\text{dB} \approx 114\text{dB}$



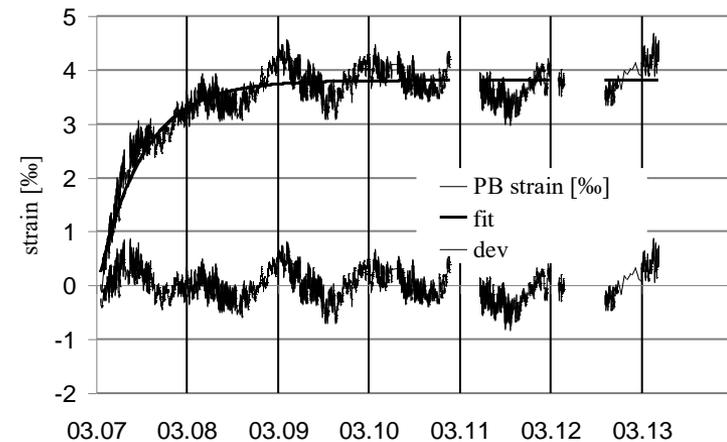
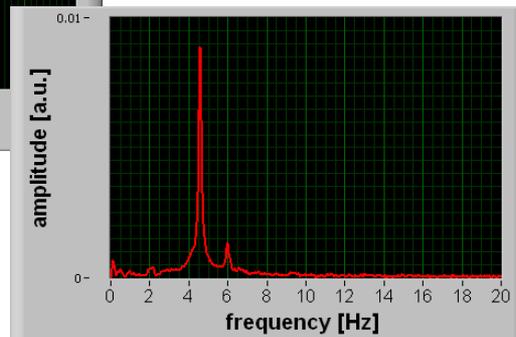
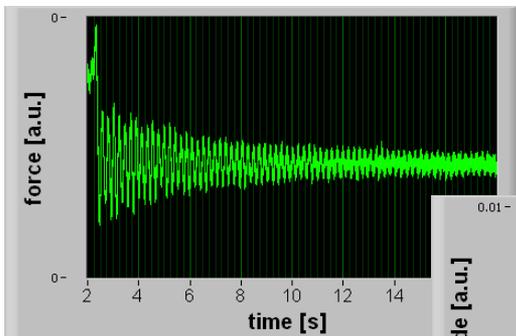
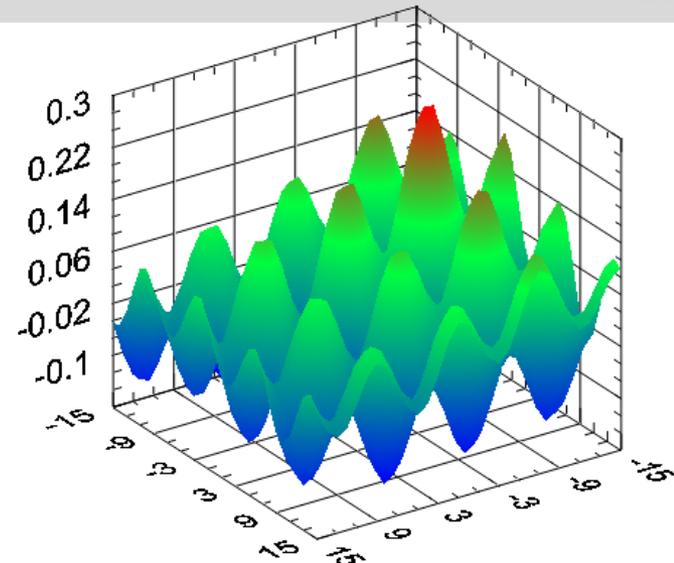
- Context Log, AccelPro oder ähnl. App
 - Anzeige von x,y,z Beschleunigungen
 - Daten können exportiert werden (PC)
 - Analyse mit MS-Excel
- Z.B. hier: $f_0 \approx 4.5\text{Hz}$, $\zeta \approx 1.2\%$



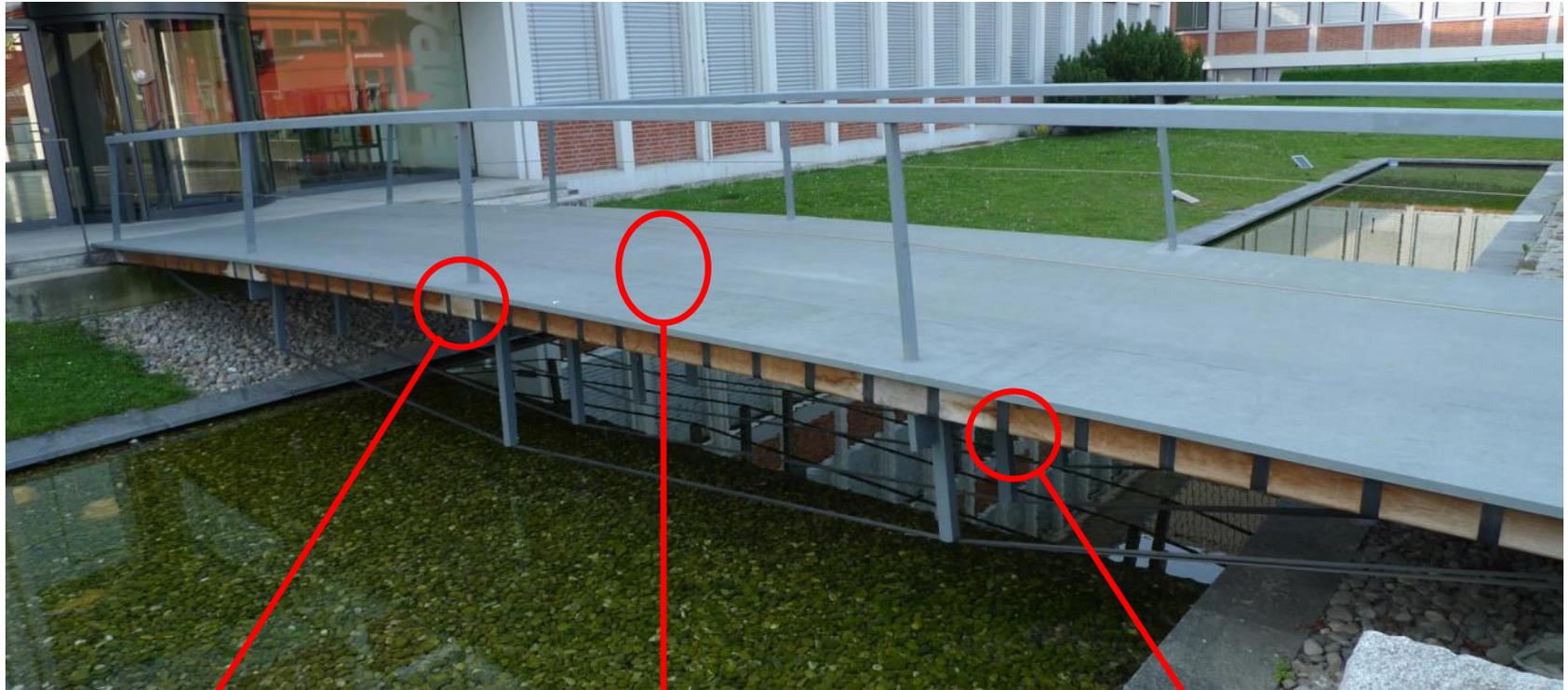
Übersicht der Sensoren



Details: Brönnimann et al: ICTB 2010 Publikation



Details: Brönnimann et al: ICTB 2010 Publikation



Verankerung Geländepfosten

Nicht dicht
Lokal und temporär erhöhte
Holzfeuchtigkeit

GFK-Deck

Rutschgefahr bei Nässe /
Eis
Sanding nicht ausreichend

BSH Platte

leichte Schüsselung wegen
Feuchtegradient
 $T > 80^{\circ}\text{C}$ direkt unter der
GFK Belagsplatte

- Metallfreie Fussgängerbrücke aus Brettschichtholz, CFK und GFK auf dem Gelände der Empa in CH-Duebendorf.
- Pfeilbogendesign, laterale und longitudinale Vorspannung mittels CFK Zugbändern
- Belastungstests bestätigten hervorragende Steifigkeit.
- Brücke in Betrieb seit 2007 und seither ununterbrochene Überwachung
- Vorteile der Bauweise wie geringes Eigengewicht, hohe Steifigkeit, kein Korrosionsproblem, einfache Montage und Installation und erwartete lange Lebensdauer sowie ansprechendes Design lassen ein gutes Marktpotential erwarten.

- 
- Urs Meier, Empa
 - Rolf Brönnimann, Empa
 - Philip Irrniger, Dr. Deuring + Oehninger AG
 - Andreas Winistoerfer, Carbo-Link AG

 - Bafa

 - **und Ihnen fürs Zuhören und -schauen**